

**AULA FUNDESCO  
E.T.S.I.TELECOMUNICACION**



*Fernando Sáez Vacas*

**REFLEXIONES SOBRE  
EL MODELO EDUCATIVO UNIVERSITARIO  
DE INFORMATICA**

(Hacia una concepción sociotécnica de la tecnología)

**Colaboran: Capítulo Español de la Computer Society del IEEE y  
Asociación Española de Informática y Automática**

# REFLEXIONES SOBRE EL MODELO EDUCATIVO UNIVERSITARIO DE INFORMATICA

*(Hacia una concepción sociotécnica de la tecnología)*

Fernando Sáez Vacas

Dpto. Ingeniería Sistemas Telemáticos

E.T.S.Ing. Telecomunicación, U.P.M.

*Se presenta un conjunto de ideas para renovar el diseño e implantación de currículos informáticos, especialmente de currículos con un fuerte contenido informático. Los tres elementos fundamentales son: a) un concepto sociotécnico de la tecnología, b) una arquitectura de contenidos curriculares formada por tres dominios, y c) una herramienta docente para definir el perfil del titulado. En cuanto a la aplicación de tales ideas, que postulan la universidad como una entidad que se adapta a las necesidades sociales, se discute la intrínseca dificultad de la universidad para comportarse como una organización aprendiente.*

## Introducción

**E**n materia de educación, los países poco desarrollados tecnológicamente tendemos a seguir acríticamente las pautas marcadas por los "computing curricula" elaborados por prestigiosas asociaciones profesionales americanas. Es un error.

Guiándome por fragmentos de algunos conceptos propios ya publicados, argumentaré, primero, acerca de cómo ciertos parámetros culturales, y finalmente emocionales, determinan el enfoque estricta e inadecuadamente tecnologista de estos currículos. Me serviré de un modelo general, muy simple, de observación de la realidad y de construcción del conocimiento.

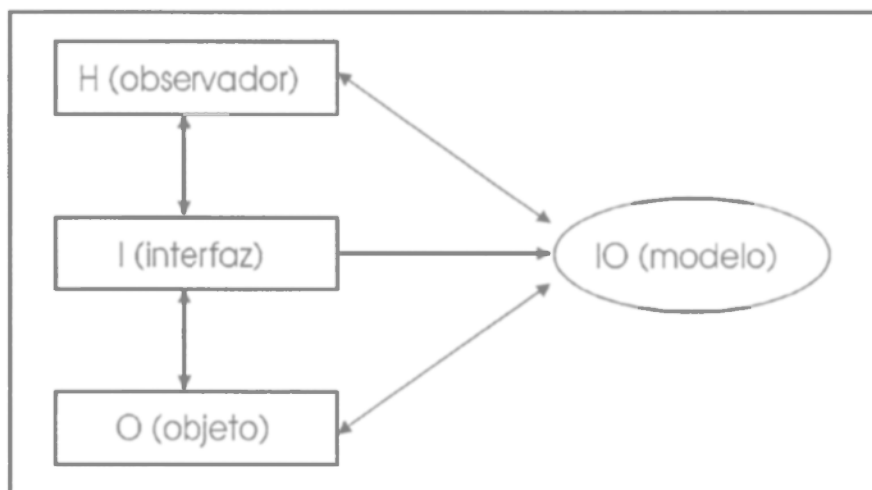
Estas reflexiones me conducirán a proponer redefinir la ecuación educativa en una forma más coherente -esto es, más eficaz- con nuestra cultura de amplia tradición humanística y con el estado actual de nuestra cultura informática. Técnicamente, mis propuestas se resumirán en dos principales: a) dotar a nuestra educación de un propósito social conforme a nuestra mayoritaria condición de países usuarios de tecnología y pobres (al menos, relativamente) en recursos materiales; y b) pre-

piden la difusión y por tanto la puesta en obra de estas ideas y las posibilidades reales de evolución de las organizaciones educativas.

Es pertinente hacer ver al lector que, si bien se ha tomado como referencia a la tecnología informática debido a la reciente aparición de un informe internacional sobre currículos al que tradicionalmente se le atribuye gran valor en medios educativos informáticos, la mayor parte del contenido de este artículo es trasladable a otros campos tecnológicos.

## Un marco universal para la construcción de modelos

Así se titula uno de los capítulos centrales de mi libro de notas de curso sobre Complejidad y Tecnología de la Información [Sáez Vacas, 1992-b]. Durante varios cursos académicos he explicado a mis alumnos un esquema de modelación, general, potente y muy sencillo, al que he llegado tras sucesivos refinamientos a lo largo de los años. Se resume en la fórmula  $H \times I \times O = IO$ , o en la expresión gráfica de la figura 1.



**Figura 1.** Los elementos del marco  
 $H \times I \times O = IO$

sentar una herramienta conceptual y gráfica que permite desglosar dicho propósito en un conjunto de objetivos microeducativos mediante un diagrama orientador de los contenidos, aspecto éste esencial, pero totalmente ausente en la definición de los referidos currículos.

Al paso, se analizarán también algunas de las barreras organizativas y psicológicas que obstaculizan o im-

Esta fórmula, además de venir a confirmarnos la extendida intuición de que no existe la objetividad absoluta, sino sólo la objetividad entre comillas, nos identifica las fuentes que condicionan tal "objetividad". Su validez parece tan general, que puede enmarcar tanto el proceso de obtención y los límites operativos de las ecuaciones mecánicas del sistema solar según las esta-

bleció Newton como el del diseño de un plan de estudios de informática o el del plan de jubilación de una empresa en una situación de crisis sectorial. Las ecuaciones del sistema solar representan un modelo de comportamiento mecánico de una porción infinitesimal del Universo. Hoy, tres siglos después de Newton, todos compartimos, por aprendizaje, el mismo instrumento (I) para ver la dinámica de nuestro mundo inmediato de cuerpos cósmicos como si de un mecanismo de relojería se tratara. Todos creamos mentalmente la misma imagen.

Tomemos ahora el caso de los Computing Curricula 1991 de ACM/IEEE-CS [ACM/IEEE-CS Joint Task Force, 1991]. Un grupo de catorce individuos, la llamada "Joint Curriculum Task Force" (organización H con sus componentes específicos) ha elaborado un modelo educativo universitario (IO) de la informática (O) por encargo de las dos sociedades americanas (y mundiales) más importantes. Anteriormente, ambas sociedades habían elaborado por separado otros currículos, orientados, más hacia la ciencia (computer science) los de la Association for Computing Machinery, más hacia la ingeniería (computer engineering) los de la Computer Society del IEEE. El prestigio de estas sociedades proyecta estas recomendaciones curriculares a todo el mundo. Lo que debemos preguntarnos es si son convenientes para todo el mundo, y en particular para nosotros. El esquema que acabamos de describir nos ayudará, no sólo a responder negativamente, sino a analizar el porqué.

Toda observación, activa o pasiva, de la realidad, produce un modelo o imagen de ésta, que es siempre (aunque ello no sea siempre explícito) el fruto de la interacción de tres elementos: H, el observador, habitualmente un (o varios) ser Humano; I, su Interfaz o Instrumental de observación; O, el pedazo del universo material o intelectual Objeto de su observación. Si pretendemos conocer o manejar la realidad debemos ser conscientes de que lo hacemos a través de una imagen de ella, y sólo de una imagen, producida conjuntamente por una determinada combinación de H, I y O.

H e I son elementos multidimensionales, es decir, elementos formados por distintos componentes, a menudo interdependientes y que además pueden tomar muy diversos valores. Por lo tanto, en la práctica, hay que seleccionar los más influyentes para la producción de la imagen específica. Para concretar, citamos algunos posibles componentes:

- de H (observador): intereses; objetivos/propósitos; implicaciones; actividades; funciones; efectos; factores cognoscitivos; factores perceptivos; factores ideológicos; modelos epistemológicos; conocimientos; estructura organizativa;...
- de I (interfaz): instrumental; interfaz; método; sistema de representación; norma operativa; teoría; ideología; modelo; cultura empresarial o institucional;...

## Diferentes culturas informáticas

Tomando el modelo resumido en la sección anterior, enfatizamos ahora el papel de H.

Todos tenemos la experiencia de que cada persona ve las cosas, un problema, por ejemplo, de manera distinta a otra persona. Incluso, esa misma persona ve el problema en formas diferentes según el instrumental que emplee en cada ocasión. Entendemos que el instrumental puede ser tanto del género de herramientas físicas -un microscopio-, como del género de herramientas cognitivas -método, teoría, software.

Nos vamos a ocupar en particular de uno de los posible tipos de componentes de H, el componente cultural. Es comprobable que la compartición por parte de las personas de ciertos componentes tiende a producir en ellas imágenes parecidas a partir de la observación de ciertos objetos (problemas, fenómenos, situaciones, lo que sea). Son imágenes que tienen una cierta aceptación colectiva. Un caso muy especial, ya descrito antes, es el de la imagen del sistema solar proyectada en nuestras mentes por el sistema educativo.

Resultan muy corrientes los casos de que un objeto provoque racimos de imágenes colectivas. Así, por ejemplo, todos los médicos occidentales alópatas tienen una visión semejante del organismo humano, de su salud y enfermedad, y de los métodos para prevenirla o curarla. Es porque comparten un sistema de medicina, compuesto por un acervo de conocimientos y de instrumentos, un sistema cultural, en definitiva. Pero, médicos igualmente inteligentes y duramente preparados en la práctica ayurvédica sostienen una visión netamente distinta. Véase, para ilustrar la diferencia, el siguiente párrafo debido al Dr. Deepak Chopra: "En vez de ver el propio cuerpo como una colección de células, tejidos y órganos, se puede utilizar la perspectiva cuántica para verlo como un silencioso flujo de inteligencia, un constante burbujear de impulsos que crean el cuerpo físico, lo controlan y se convierten en él. El secreto de la vida en este plano es que cualquier parte del cuerpo se puede cambiar con un destello de intención".

Las diversas escuelas posibles dentro de cada uno de estos dos sistemas culturales generarán imágenes mucho más próximas entre sí que entre cultura y cultura, que son prácticamente irreconciliables, porque constituyen en realidad una visión del mundo (Weltanschauung, que dicen los filósofos). Ante un mismo problema, los diagnósticos y propuestas de los economistas liberales se asemejan aunque sean diferentes pero difieren sustancialmente de los diagnósticos y propuestas de los economistas marxistas. Lo curioso es que todos ellos, sin excepción, aplican una estricta racionalidad pero que se funda en cada caso en premisas fundamentales (aquí de índole cultural), que no pertenecen al dominio de la razón, sino de la emoción.

Ahondemos un momento en esta cuestión, porque tiene consecuencias sutiles, pero muy importantes. Maturana [1991], partiendo de sus planteamientos en el campo de la biología del conocimiento, ha explicado muy bien esto de las emociones, calificándolas como disposiciones personales (en nuestro caso colectivas, por homogeneización cultural) que definen los distintos dominios de acción en que nos movemos. Así pues, diferentes predisposiciones culturales determinan diferentes dominios de realidad, cada uno definido como un dominio particular de coherencias experienciales. Traducido a román paladino esto significa que si un determinado grupo elabora un currículo educativo está creando una imagen específica de su propia realidad experiencial y seguramente estará dispuesto a defenderlo con toda clase de argumentos, porque aquél representa la coherencia racional de su propio quehacer (en el límite, de su existencia). Que esta explicación no tiene nada de exagerada lo podemos atestiguar quienes hemos vivido la discusión de varios planes de estudio.

Se admite que una parte de la cultura humana tiene que ver con la técnica. Por distinguirla, a veces se la denomina tecnocultura. Cierta especialización de la tecnocultura, extremadamente reciente, es la cultura informática, pero en mi opinión no es una entidad socialmente homogénea, sino que se compone de cinco subculturas relativamente bien diferenciadas. Las he identificado, observado durante mucho tiempo, analizado y denotado (ver [Sáez Vacas, 1985 y 1987], como últimas referencias).

Aplicando a nuestro asunto de los Currículos de Informática 1991 los razonamientos generales desplegados y la específica conceptualización cultural informática, puedo ahora decir que, por la composición de los miembros (básicamente, profesores universitarios) de la Joint Task Force que los elaboraron en E.E.U.U., su esquema de currículos es una proyección de sus propios dominios de acción, de su coherencia experiencial, de su o de sus subculturas, en este caso sobre todo de la informática-ciencia y algo de la informática-industria, embebidas en un contexto poderosamente tecnológico. Por tanto, el esquema en cuestión no es representativo de todos los intereses ni dominios de acción de la cultura informática en E.E.U.U., y mucho menos de la nuestra, como pudo comprobarse fehacientemente en unas Jornadas celebradas en Madrid en 1991 [Saéz Vacas y González, 1991a, 1991b], en el que pusimos cuidado para que participasen activamente los distintos sectores culturales.

las realidades de una parte de la cultura informática, sino incluso de una o de varias personas, con P. Denning a la cabeza, que han contribuido con un trabajo previo de base a modelar la informática (versión americana) como una disciplina [Denning et al, 1989]. En su actual versión, esta disciplina abarca lo que en inglés se conoce como computer science, computer science and engineering, computer engineering, informatics y otras denominaciones.

Las cinco subculturas identificadas dentro de la cultura informática son: a) informática-ciencia; b) informática-industria; c) informática-negocio; d) informática-uso; e) informática-mito. Representan las formas diversas como los individuos y los entes sociales viven el mismo objeto informático, esto es, definen distintos dominios de acción o de realidad informática, según la terminología acuñada líneas arriba. Cada subcultura posee sus valores, sus comportamientos y su lenguaje (instrumento cognitivo por excelencia). El interés prioritario de los observadores pertenecientes a estas subculturas (ver componentes de H y considérense también implicaciones, actividades, etc) se resume en "ver" el objeto informático preferentemente según una de estas facetas: a) saber; b) producto; c) dinero; d) aplicación instrumental; e) mito.

SUBCULTURA	VISION
Informática-ciencia	Saber
Informática-industria	Producto
Informática-negocio	Dinero
Informática-uso	Aplicación instrumental
Informática-mito	Mito

El sistema cultural informático de una sociedad concreta es la resultante dinámica de la interacción de estos cinco subsistemas culturales, que poseen distinta fuerza relativa en cada país. En U.S.A. se han desarrollado mucho los cuatro primeros, pero en España, por ejemplo, se aprecia hipertrofia de la informática-negocio y de la informática-mito, junto a una debilidad congénita de la informática-ciencia y la informática-industria, lo que, como es fácil de extrapolar, se traduce en una determinada jerarquización social de intereses, valores y comportamientos y en sus correspondientes consecuencias educativas, industriales y políticas. En España, como tengo escrito desde 1987, se traduce "en inflación instrumental, ineficacia operativa y dependencia intelectual en todos los campos tocados por la informática" [Sáez Vacas, 1987].

*Cuadro 2. Las cinco subculturas informáticas [Sáez Vacas, 1985]*

## Currículos de Informática 1991

La propuesta de las asociaciones profesionales ACM e IEEE-CS no solamente selecciona primordialmente

Su contribución esencial ha consistido en definir unos Requisitos Comunes distribuidos en nueve áreas temáticas: Algoritmos y Estructuras de Datos; Arquitectura; Inteligencia Artificial y Robótica; Bases de Datos y Recuperación de Información; Comunicaciones Hom-

bre-Máquina; Computación Numérica y Simbólica; Sistemas Operativos; Lenguajes de Programación; y Metodología e Ingeniería del Software. A su vez, cada área se subdivide en varias Unidades de Conocimiento. En la forma que sea, todas las Unidades de Conocimiento de los Requisitos Comunes deben estar presentes en cualquier currículo concreto de informática, en el que podemos incorporar otros requisitos específicos y temas complementarios o avanzados [ACM/IEEE-CS Joint Task Force, 1991].

Sostengo una actitud crítica con respecto a este trabajo, entre otras razones, que iré explicando sucesivamente, porque (limitándome al contenido de sus requisitos comunes):

1. Es localista y sesgado.
2. Es incompleto en cuanto a su cobertura de lo que hay que entender modernamente por 'informática'.
3. Contiene un enfoque estrictamente tecnologista.
4. Se orienta sólo a contenidos, a pesar de que introduce unas recomendaciones puramente ornamentales de carácter didáctico sobre procesos, conceptos recurrentes y sugerencias sobre laboratorios.

La primera razón ya se ha discutido con el argumento de las subculturas.

En cuanto a la segunda, me limitaré a señalar que, incomprensiblemente, los autores del informe han dejado fuera de los requisitos básicos la vertiente de máquina de comunicación y no sólo de computación que tiene el computador, así como otros aspectos importantes que involucra hoy la tecnología informática. Lo hemos analizado más extensamente en [Sáez Vacas, León y González, 1992].

En gran medida, la tercera razón tiene bastante que ver con el sesgo subcultural marcado por el grupo de autores, pero también y mucho con la cultura general -no ya la cultura informática- de ese país tan poderoso y tan técnicamente avanzado. Aunque el diseño del

currículo básico no parece obedecer a un criterio constructivo claro, un análisis cuidadoso de los contenidos muestra que el grueso del paquete responde a una inspiración por la que se estudian conceptos y técnicas casi como un fin en sí mismos, muy -por no decir totalmente- desconectados de su mundo de aplicación, del mundo de los vivos. Los autores parecen ser insensibles incluso a ciertas inquietudes de una parte de la misma industria informática, como las que se contienen en las siguientes frases extractadas de un polémico artículo [Rappaport, Halevi, 1992, versión española]: "Para el año 2000, las empresas informáticas de mayor éxito comprarán ordenadores, en lugar de construirlos", o, "definir cómo han de utilizarse los ordenadores, no cómo han de construirse, creará valor real -y por consiguiente poder en el mercado, empleo y riqueza- en los decenios venideros".

Podríamos decir que han elaborado un currículo "technology-oriented", en el sentido más angosto del término "tecnología". Y debemos recordar que eso significa que los estudiantes sometidos a un programa parecido tenderán a conformar su observación (su imagen, y por tanto sus dominios de acción) de la informática dentro de ese ancho de banda. Trataré de explicar esta idea con algo más de profundidad.

Para ello recurriré a la arquitectura de currículo de informática en tres niveles que presenté en un workshop en 1990 [Sáez Vacas, 1990-b], más tarde recogido y aplicado a un caso particular [Sáez Vacas, León y González, 1992]. Es evidente que en esta propuesta sí hay un criterio constructivo, que, entre otros matices, pone de manifiesto el papel mediador del instrumental informático. O, dicho de otra forma, niega la posibilidad social de construir un currículo que no tenga alguna dosis de contenido aplicativo. (Ver figura 2 y cuadro 3).

En cuanto a la cuarta y última razón, la abordaremos más adelante combinada con algunas propuestas de un nuevo modelo educativo. Antes, analizaremos un con-

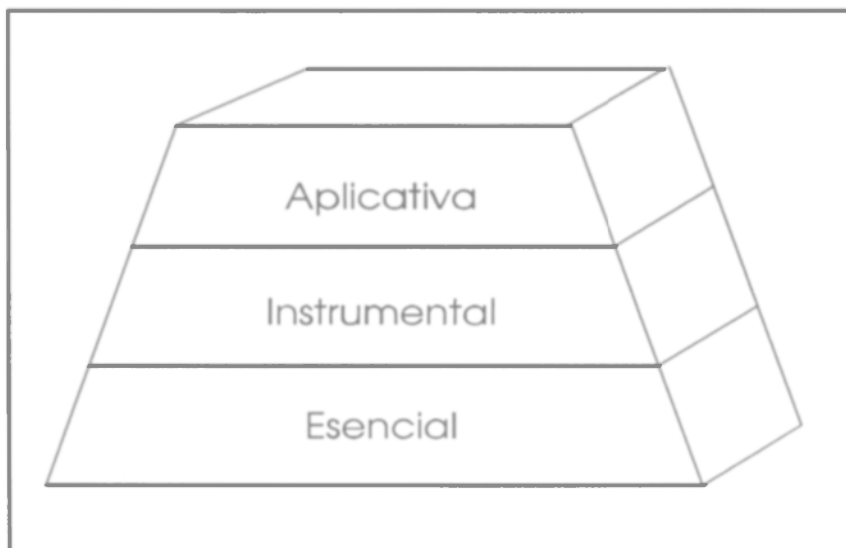


Figura 2. Capas del currículo de informática.

cepto más amplio de tecnología. Este análisis servirá de paso para reforzar los argumentos críticos esbozados en esta sección.

La capa esencial contiene cuestiones fundamentales relacionadas con la información y su procesamiento: qué es la información; cómo se representa, se almacena, se transmite, se mide y se organiza; cuáles son los límites de la computación; cuáles son los mecanismos básicos para hacer todos las operaciones mencionadas (al nivel de máquina, al nivel de computación simbólica, al nivel de estructuras de datos), etc.

La capa instrumental es el dominio de los instrumentos, físicos, lógicos y tecnológicos, con los que podemos integrar sistemas para resolver una enorme cantidad de problemas de información: lenguajes, compiladores, procesadores, circuitos, dispositivos, sistemas operativos, protocolos de transmisión de datos, sistemas de gestión de bases de datos, codificadores, arquitecturas de ordenadores y de redes, etc.

La capa de aplicación se refiere a las áreas de aplicación donde los instrumentos se hacen útiles. Esta capa se crea a base de técnicas y conceptos tomados de las capas anteriores y adaptados específicamente en el sentido de reforzar las funciones orientadas al área de aplicación escogida. Ejemplos: Sistemas de información para la gestión, Control de procesos, Procesamiento de imágenes, Infografía, C.A.D., Telemática, etc.

Vemos que la figura 2, representativa de esta arquitectura está como incompleta, roma. Le falta algo para convertirla en un instrumento penetrante en la sociedad.

*Cuadro 3. Arquitectura general del currículo informático compuesta por tres áreas [Sáez Vacas, 1990-b]*

## Concepto sociotécnico de la tecnología

Para concebir una visión amplia de la informática es necesario adoptar simultáneamente los puntos de vista de diferentes subculturas informáticas, lo que evidentemente es difícil. Aún más difícil puede resultar hacerlo en un país como España, donde, en lugar de luchar contra la deficiente cultura informática nacional, se ha optado por institucionalizar la multiplicación de imágenes sobre la realidad informática y la endogamia sub-sub-cultural, fragmentando oficialmente la informática-ciencia en, por lo menos, cuatro áreas de conocimiento. Personalmente, he tratado de huir en el plano intelectual -puesto que en el plano práctico es imposible- de tal sujeción endogámica, criticándola en diversos trabajos, por un lado, y, por otro, construyendo y enseñando una perspectiva más generosa y creo que más penetrante de la tecnología.

Como sé que dentro del sector social afectado por tales medidas (estoy hablando del colectivo de profesos-

res universitarios) algunos hasta se sienten -inconscientes ellos- felices habitando sólo en una parte de la realidad, es decir, en la reserva india que les han asignado, y otros han encontrado su medro en esta compartimentalización, intentaré contrarrestar su previsible rechazo (recuérdense los argumentos sobre realidades experienciales y emociones) con respecto a mis ideas buscando amparo en argumentos extraídos fundamentalmente de las siguientes autoridades, reputadas por su interdisciplinariedad y solvencia en el ancho campo de la tecnología de la información o campos conexos: Denning, ya citado, informático, educador y publicista conocido de todos; Drucker, hombre sabio, considerado el padre de la Ciencia americana de la Administración (Management); Flores, ingeniero, filósofo, inventor de software pionero, empresario de éxito; y Winograd, científico informático, educador, especialista en Inteligencia Artificial.

Quisiera llamar la atención sobre el cambio de posición de Denning, quien, después de ser inspirador de los planteamientos de base para los trabajos de los Currículos de Informática 1991, parece como si hubiera recibido una iluminación repentina que le está llevando a posiciones distantes de las que sostenía dos años atrás. Aunque él se llame Pedro (Peter), me recuerda a la conversión súbita de Saulo, conocido después como San Pablo. Bienvenido sea. Para abrir boca, leamos lo que dice en un documento no publicado aún, pero que circula como cuarto borrador, fechado en junio de 1992, de un futuro artículo cuyo título provisional es el de "Educating a New Engineer" [Denning, 1992]: "Primero, ya no basta con considerar un currículo como un programa de presentaciones. No podemos remitirnos exclusivamente a la ACM y al IEEE para guiarnos en la construcción de nuestro currículo; sus procesos deliberadores son hitos útiles, pero van retrasados tres años o más".

El propio Denning [Denning, 1991] se hace eco del concepto tradicional de profesión informática para oponerle él mismo uno nuevo, más adecuado para los tiempos que corren. Versión tradicional: "se entiende la profesión informática como el conjunto de gentes cuya forma de vida consiste en trabajar con ordenadores y proceso de la información". Última propuesta de Denning: "la profesión informática, por analogía con otras profesiones, es el conjunto de gentes e instituciones que asumen los problemas de otras gentes en el dominio del proceso de información, de la computación y de la coordinación sobre redes de ordenadores".

Esta última definición inviste a la profesión de un propósito instrumental o social, y si reflexionamos sobre ella y sobre los textos recogidos en el cuadro adjunto descubriremos que éstos parecen converger hacia una concepción sociotécnica de la tecnología (en concreto, hablamos de informática, aunque pueda generalizarse fácilmente), que acaso consista también en articular la conexión entre la tecnología y el ser humano. Estamos

ante una distinción esencial, que no excluye sino que por el contrario abarca como un caso particular al enfoque habitual que antes hemos denominado “estrictamente tecnólogo”. El libro de Winograd y Flores define, probablemente mejor que ningún otro texto, el espíritu (el enfoque), no necesariamente la letra, del concepto sociotécnico de la tecnología informática.

“aunque la población es receptiva a las soluciones informáticas y además es evidente su necesidad, fracasamos en explotar lo que conocemos por causa de roturas en la transferencia tecnológica y de debilidades en nuestros recursos educativos y de concienciación pública”. Tal vez es que entramos en una etapa en que un exceso de oferta de novedades tecnológicas con respecto a la

El futuro no está en el software ni en el hardware, sino en el proceso que transforma a una máquina de una cosa a otra [F. Flores, durante la conferencia CITEC'92, Madrid, marzo 1992].

Todas las tecnologías nuevas se desarrollan dentro de un trasfondo de comprensión tácita de la naturaleza humana y del trabajo humano. A su vez, el uso de la tecnología conduce a cambios fundamentales en lo que hacemos, y por último en lo que hay que considerar humano. Encontramos las cuestiones profundas sobre diseño cuando reconocemos que diseñando herramientas estamos diseñando formas de ser [Winograd/Flores, 1988].

Toda herramienta tecnológica forma parte de una compleja red social. La significación de una nueva herramienta reside en cómo se incorpora a esa red, modificándola. Para comprender una herramienta tecnológica no basta con lograr una comprensión funcional de cómo se usa, sino que es preciso alcanzar una comprensión global de la red de tecnologías y actividades implicadas [Winograd/Flores, 1988].

La tecnología tiene que ver más con el hombre que con la naturaleza. Su verdadera sustancia no consiste en ocuparse de herramientas, sino acerca de cómo trabaja el hombre. (...) Pero, precisamente porque la tecnología es una extensión del hombre, un cambio tecnológico básico expresa nuestra visión del mundo y, a su vez, lo transforma [Drucker, 1989].

Desarrollar en nosotros mismos, como profesores, las nuevas capacidades necesarias en el científico informático es un imperativo educativo que se deriva de nuestra misión: educar informáticos que puedan pensar, vivir y actuar con éxito en el mundo internacional de los negocios y de la penetrante tecnología de la información [Denning, 1992].

Los asuntos que incumben a los científicos de la informática incluyen, como es habitualmente admitido, el diseño y análisis del hardware y del software para realizar nuevas funciones o las viejas funciones con formas nuevas. Pero también incluyen la instalación, configuración y mantenimiento de los sistemas informáticos dentro de las organizaciones. Incluyen estándares para comunicaciones e intercambio de información. Incluyen los problemas de intimidad e integridad de conversaciones, ficheros, y documentos en las redes de ordenadores. Incluyen trabajar con el cliente para diseñar sistemas informáticos que soporten las actividades de la organización del cliente. Incluyen el contexto histórico de la informática y de las comunicaciones, así como los valores compartidos de las gentes que usan computadores y redes [Denning, 1991].

Habida cuenta de las apremiantes necesidades económicas y sociales de la nación y del marco cambiante para la industria y el mundo académico, el Comité piensa que la ciencia y la ingeniería informáticas tienen que ampliar su propio concepto, o bien arriesgarse a devenir crecientemente irrelevantes para los fines prácticos de la informática [Hartmanis, 1992].

**Cuadro 4.** Extractos y textos que convergen sobre un concepto sociotécnico de la tecnología [diversos autores]

Recientemente, he escrito que “nadie puede negar el inconmensurable potencial de la informática para actividades estrictamente técnicas y científicas; lo que se debate es su impacto como herramienta social común, porque ha sido imposible imputarla mejoras globales simultáneamente sobre productividad, trabajo y calidad de vida en los últimos veinte años”. [Sáez Vacas, 1992-a]. Más tajantes son ciertos estudios americanos muy serios, que afirman haber sido incapaces de encontrar una correlación significativa a nivel nacional entre inversiones económicas en tecnología de la información e incremento de la productividad, [Loveman, 1988, citado en [Bullen, Bennett, 1991]]. O, como dice un importante informe de ACM sobre cuestiones críticas [Frailey, ed., 1991],

tasa de receptividad psicosocial está reclamando cambios en nuestros puntos de vista. Por el momento, las reacciones reflejas son “tedio tecnológico”, contracción del sector informático, desaceleración de actividades de I + D, perplejidad en la industria, reducción importante del número de miembros de las sociedades profesionales informáticas, etcétera.

Por un retraso imprevisto en la edición y celebración de esta conferencia, que inicialmente iba a sincronizarse con su publicación como artículo en el número 3-4 de la Revista de Informática y Automática [Sáez Vacas, 1992c], tengo la oportunidad de retocar su texto. Sin embargo, no he visto la necesidad de introducir cambio alguno, pero sí añadiré en este punto unas brevísimas



referencias a trabajos publicados en este intervalo de tiempo o que tenemos noticia de que van a ser publicadas inmediatamente, y que refuerzan por su autoridad las ideas presentadas en esta sección.

En el número de noviembre de 1992 de la revista Communications of the ACM (que se recibe en España aproximadamente mes y medio después que en EEUU; véase que el original primero del artículo/conferencia que tenemos en las manos se entregó en octubre) un artículo de J. Hartmanis nos resume las principales prioridades y recomendaciones de un informe del Comité por él presidido para el Planteamiento del Alcance y las Orientaciones de la Informática y de la Tecnología, que, al parecer, acaba de publicarse [Hartmanis, 1992]. La importancia de este informe radica en que su Comité redactor pertenece al Computer Science and Telecommunications Board (CSTB) del National Research Council. Por esta razón, incluimos ahora en el cuadro 4 un párrafo representativo de las ideas contenidas en el informe, que, por otro lado, forma parte de una estrategia nacional para afrontar una preocupación latente en los EEUU, de orden especialmente pragmático, consistente en buscarle productividad a las inmensas inversiones estatales destinadas a incrementar el desarrollo socioeconómico por medio de la tecnología de la información. Así me lo hace saber el profesor Rob Kling, quien me ha enviado por correo electrónico un artículo que en versión más reducida aparecerá en la revista C.A.C.M. de febrero 1993 [Kling, 1992/93]. Fondos estatales, que, solamente en el campo de los supercomputadores, ascenderán a más de 4000 millones de dólares [ver Sáez Vacas, 1992d] durante cinco años, pueden resultar muy poco rentables si los 50000 titulados anualmente por los departamentos universitarios de informática no fueran formados en una perspectiva más amplia y menos socialmente "autista" y si los titulados en otras ramas no recibieran una razonable iniciación a la comprensión y al uso de la tecnología. (Si el lector repasa ahora la sección sobre culturas informáticas, comprobará que el problema que abordan en EEUU es el de conectar las subculturas de informática-ciencia e informática-industria con la de informática-uso).

Aunque conforme con la orientación propuesta por el Comité dirigido por Hartmanis y con los recientes planeamientos de Denning, no lo estoy -como podrá imaginar el lector- con sus razones profundas. Pienso, en total coincidencia con S. Toulmin en su último y espléndido libro, que el problema es más hondo. De cara al próximo milenio el desafío consiste en reconstruir nuestro marco intelectual, de forma que seamos capaces de reconciliar la precisión de las ciencias exactas (el racionalismo, iniciado en el siglo XVII, desarrollado sin competencia hasta mediados del siglo XX, y hoy en crisis) con las actitudes liberales del humanismo (siglo XVI, y después apartado de la corriente principal de acción), que se ocupa de las necesidades prácticas y

concretas de la vida humana y de la naturaleza [Toulmin, 1990].

Mi conclusión es que hay que repensar la tecnología informática en un marco más amplio, que podría representarse por el triángulo "organización", "factor humano" y la propia "tecnología", y por sus interrelaciones [Sáez Vacas, 1990-a]. Y de ello vengo tratando hace tiempo (citaré entre otros ejemplos lejanos [Sáez Vacas, 1983], [Sáez Vacas, 1984]), así que me hago cargo de las dificultades del problema, que hoy se podría definir -en línea con los términos culturales que estamos manejando en este artículo- como la necesidad de potenciar los procesos y las interconexiones entre la subcultura informática-ciencia y la subcultura informática-uso. Creo que tal necesidad es genérica y universal, aunque especialmente acuciante en países cuya insoslayable modernización tecnológica ha de conjugarse con un empleo óptimo de recursos económicos escasos.

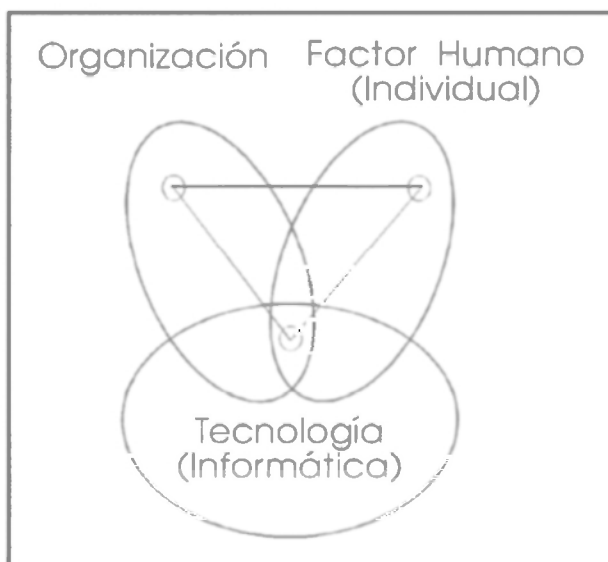


Figura 3. Una aproximación sociotécnica de la tecnología

Por contraposición con esta idea, uno observa que partes sustanciales de la práctica de la enseñanza y de la investigación en nuestro país van por otros derroteros, miméticos de los países más desarrollados en cuanto a temas y enfoques, y frecuentemente tan retrasados que podemos encontrarnos yendo cuando ellos ya vuelven. A poco que se analicen sus resultados sociales, éstos no distan mucho de constituir un desaguisado, lo que no tiene nada de sorprendente, toda vez que parecidos planteamientos casi sólo tienen como criterio director una cierta servidumbre implícita al dictado tiránico del "publish or perish", que ya los estudiantes americanos están parodiando como el "faculty publish, students perish". ¿Cómo trasladar estas inquietudes, por otro lado tan minoritariamente percibidas y tan difícilmente formalizables, a los currículos de informática?

## La barrera de las estructuras organizativas y mentales

En la época de cambios acelerados que vivimos, la capacidad de adaptación de las personas y de las instituciones constituye un problema básico. Las imágenes o realidades del mundo que solidifican en nuestra mente o en las estructuras organizativas de nuestras organizaciones acaban por diferir sustancialmente de las que demanda el fluir de los acontecimientos. Ese fenómeno afecta también al área educativa superior, que se ocupa de cuestiones que tienen que ver con la creación, organización y distribución del conocimiento: universidad, currículos, profesorado, etc. Siempre se ha considerado al conocimiento como una materia noble, pero ahora se lo califica como fuente de poder. En su último libro, Toffler escribe que “el conocimiento ha pasado de ser un accesorio del poder del dinero y del poder del músculo a ser su propia esencia. De hecho, es el amplificador definitivo, la clave del cambio del poder que nos espera, y explica el porqué de la batalla por el control del conocimiento y de los medios de comunicación”.

Todos los ensayistas sociales concuerdan en que el sistema educativo o formal va progresivamente dejando de ser la única o mejor fuente de distribución de conocimiento. Carece de flexibilidad. No se adapta.

La educación universitaria está experimentando una enorme ruptura. Un creciente número de estudiantes, empleadores, profesores, ejecutivos de negocios, especialistas de la gestión, funcionarios públicos y contribuyentes han declarado su insatisfacción con la educación y con la investigación que está disponible en la mayoría de las universidades [Denning, 1992].

Nuestros sistemas educativos apenas preparan a los estudiantes para la realidad en la que vivirán, trabajarán y habrán de ser eficientes. Nuestras escuelas deben aceptar el hecho de que en la sociedad del conocimiento la mayoría de la gente ejercen su quehacer como empleados. Trabajan en una organización y tienen que ser eficientes en ella. Esto es el opuesto exacto de lo que todavía asumen los sistemas educativos [Drucker, 1989].

El rápido crecimiento del trabajo trans e interdisciplinar mostraría que el nuevo conocimiento no se obtiene ya a partir de las disciplinas sobre las que se han organizado la enseñanza, el aprendizaje y la investigación en los siglos XIX y XX [Drucker, 1989].

Europa tiene graves problemas educativos. Sus sistemas escolares están excesivamente centralizados y son muy formalistas y rígidos [Toffler, 1990].

*Cuadro 5. Desajustes de los sistemas educativos [diversos autores]*

De las reflexiones anteriores se induce que la pregunta ¿cómo trasladar estas inquietudes a los currículos? es secundaria a la cuestión previa de ¿cómo adaptar las

estructuras y mentalidades institucionales al curso de los tiempos?, tarea principal de la que, quizá por su especial dificultad, nadie entre nosotros parece querer preocuparse, ya que, como podemos comprobar por las citas adjuntas, la universidad en general se muestra como un sistema muy cerrado ante los cambios.

Al menos en el ámbito de las empresas se mueven y a veces hasta se practican ciertas ideas, que si no en su totalidad al menos en parte podrían estudiarse y ver de incorporarse al quehacer organizativo de la universidad. Sólo me referiré en esta ocasión al modelo de organización aprendiente (learning organization), preconizada como el tipo de organización que está llamada a destacar porque descubre cómo tallar el compromiso y la capacidad de aprender de sus elementos humanos a todos los niveles.

Es extremadamente interesante descubrir que modelos como éste de la “organización aprendiente” surgen en áreas del pensamiento de empresa o muy vinculadas a la doctrina de la gestión de empresas, como la Sloan School of Management del M.I.T. [Senge, 1992], la cibernética económica [Beer, 1985], o las ciencias y tecnologías de la cognición [Varela, 1989]. En esta última referencia, Varela explica el origen de su libro, que partió de una invitación de la Royal Dutch Shell Corporation a pronunciar una conferencia, porque la Shell “necesitaba comprenderse a sí misma como sistema complejo de aprendizaje”. No es casualidad. También Senge (ver cuadro 6) cita al director de planificación de la Shell que habla del aprendizaje institucional, como “el proceso por el cual los equipos de dirección cambian sus modelos compartidos sobre la empresa, sus mercados y sus competidores; por ello, vemos la planificación como aprendizaje y la planificación corporativa como aprendizaje institucional”. ¿Puede alguien en su sano juicio imaginar algo tan radical en la universidad? ¿Habría que extraer la conclusión de que la universidad debería intentar asemejarse en algunos aspectos a una empresa, y más en concreto, a una empresa moderna? Mi respuesta sería afirmativa, en coincidencia con [Calleja, 1990]: “Cada Universidad debe saber quién es y qué hace, qué quiere o debe hacer. De ahí, la perentoria exigencia de definir su producto”.

Por desgracia, una rápida ojeada al cuadro de las cinco disciplinas de la organización aprendiente nos lo muestra como el verdadero antirretrato de nuestra Universidad, de nuestras Facultades, Escuelas y Departamentos. Muy mala señal, si estábamos soñando con transformar estas entidades en algo parecido a una empresa aprendiente, con capacidad para resolver algunos de los problemas planteados en el cuadro anterior. Pero, en fin, de momento hagamos como que no nos damos cuenta.

El proceso para que una entidad educativa concreta acuñase sus propios modelos mentales sobre sus propósitos, contenidos y métodos consistiría en superar las

imágenes parciales (culturas, realidades percibidas) de los agentes participantes tanto en su diseño como en su implantación mediante una síntesis normalmente basada en el “pensamiento sistémico”. Que un “modelo mental” adecuado se convirtiera para los miembros de

nales del reparto. Nadie muestra un estudio ni propio ni ajeno, siquiera sea mínimo, de las propiedades exigibles al “producto”. En el fragor del reparto, incluso las menciones a los contenidos curriculares son apenas superficiales.

**Pensamiento sistémico.** Es un marco conceptual, un cuerpo de conocimientos y herramientas desarrollado durante los últimos cincuenta años para hacernos ver más claros los patrones de conjuntos e interacciones y superar los enfoques centrados en las partes aisladas de un problema.

**Maestría personal.** Empieza con clarificar las cuestiones que realmente nos interesan, continúa con vivir nuestras vidas al servicio de nuestras aspiraciones mayores, y se traduce en un compromiso recíproco entre nosotros como individuos y la organización donde ejercemos.

**Modelos mentales.** Son supuestos, generalizaciones o imágenes profundamente interiorizados, que influyen sobre cómo comprendemos el mundo y sobre cómo actuamos. Esta disciplina de trabajar con modelos mentales comienza con girar el espejo, aprender a desoir nuestras imágenes internas acerca del mundo, sacarlas a la superficie y someterlas a riguroso análisis.

**Construir visión compartida.** Cuando existe una visión genuina, todos cuantos la comparten se superan y aprenden orientados por ella, no porque se les pida hacerlo, sino porque lo quieren.

**Aprendizaje grupal.** Esta disciplina comienza con diálogo, la capacidad de los miembros de un equipo para suspender juicios y suposiciones y entrar en un genuino pensamiento conjunto. Los equipos, y no los individuos, constituyen la unidad aprendiente fundamental en las modernas organizaciones.

Estas son cinco disciplinas personales, en el sentido de que todas tienen que ver con la forma como pensamos, con lo que realmente queremos, y con como interactuamos y aprendemos con los demás.

*Cuadro 6. Conjunto de las cinco disciplinas de la organización aprendiente [Senge, 1992]*

dicha organización en “visión compartida” sería cuestión de trabajo, refinamiento y tiempo. Lógicamente, todos los aspectos reseñados en este apartado y en el cuadro de las cinco disciplinas estaban fuera del alcance de la Joint Task Force de ACM/IEEE-CS, porque no es una entidad organizada permanente, sino un grupo transitorio, de forma que su propuesta carece de la fuerza necesaria para ser aceptada por una determinada entidad educativa como un modelo mental apropiado, y mucho menos como el armazón de un esquema de visión compartida, aplicable en áreas sociales tan diferenciadas. Ningún centro universitario debería “definir su producto” con semejante propuesta, y tampoco era eso lo que razonablemente se le podía exigir a la Joint Task Force o a cualquier otra comisión.

¡Lástima que estas dos asociaciones profesionales líderes hayan dejado pasar la ocasión para iniciar un proceso de reflexión rupturista hasta culminar en unas pautas suficientemente generales, abiertas y avanzadas como para guiarnos a cada uno de nosotros en la selección de los grandes parámetros de diseño de nuestro producto! Qué se le va a hacer, momentos de mucha tecnología son momentos de poca reflexión.

No es un fenómeno aislado. Como participante en el diseño de varios planes de estudio en la Escuela de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid he observado que la tasa de reflexión ha ido menguando progresivamente hasta llegar ahora mismo a ser casi inapreciable. En su lugar se están imponiendo las leyes emocio-

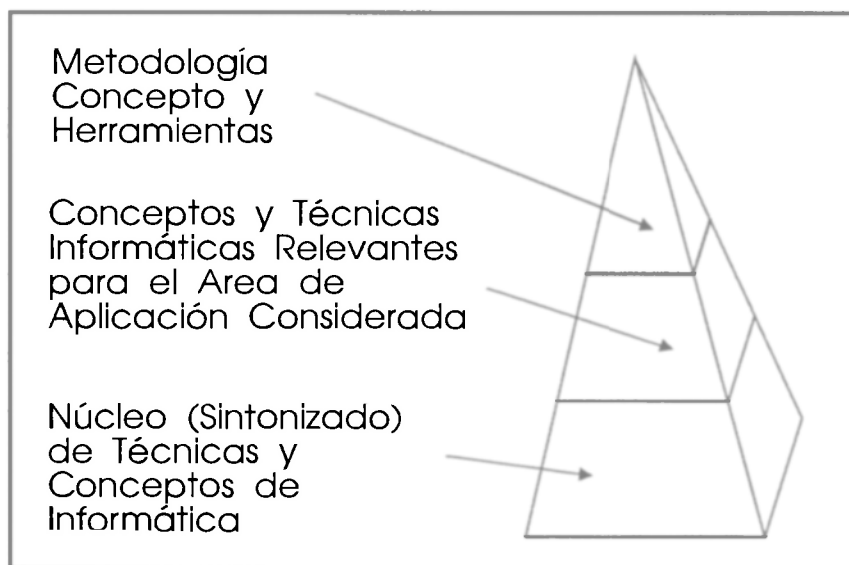
## Algunas propuestas para un nuevo modelo educativo

Sin embargo, parece indudable que sólo el apoyo decidido de instituciones como las ya citadas puede sostener, a través de un trabajo de puesta a punto y de aprendizaje grupal, el proceso de aglutinar reflexiones individuales dispersas. En este artículo estoy desgranando una serie de contribuciones personales, que podrían ser algunas de las entradas posibles a ese proceso: herramientas, como el modelo  $H \times I \times O = IO$  o el modelo de las cinco subculturas, e ideas, como la sugerencia de un concepto sociotécnico de la tecnología (informática, en este artículo) o la de reorganización (reinención) imprescindible de la universidad.

Recordaré en este punto otras ideas propias, para resumirlas, transmutarlas al campo de la informática y mezclarlas con las anteriores. En [Sáez Vacas, 1991-a] señalaba las tres áreas interrelacionadas de reinención de mi Escuela para ir a producir el ingeniero del año 2000:

- Contenidos curriculares
- Procesamiento de los contenidos
- Organización del Centro (antes llamado entidad educativa).

En cuanto a los contenidos curriculares, éstos constituyen un listado de lo que hay que enseñar y en ese



*Figura 4. Arquitectura del currículo informático con tres dominios*

sentido la aportación del currículo de ACM/IEEE-CS es valiosa, si se utilizan por separado y convenientemente los programas de cada materia y no la orientación del conjunto, ni el conjunto mismo.

Precisamente, por lo que se refiere a la orientación del conjunto, mi punto de vista es que la concepción sociotécnica de la tecnología (cualquiera que sea el enfoque que las entidades educativas concretas vengan en darle) puede conducir como regla general a que éstas diseñen productos diferenciados (nichos formativos, como se apuntaba en [Sáez Vacas, 1991-a]), con la composición que ilustra la figura 4 [Sáez Vacas, León y González, 1992]. La ilustración integra lo necesario de la capa esencial de la figura 2, integra, especializa y desarrolla lo necesario de los niveles instrumental y aplicativo, y añade una capa nueva de orden metodológico y sociotécnico (la cúspide de la pirámide), cuya misión reside en convertir el currículo en una herramienta útil a la sociedad.

Pero los contenidos son sólo como los ingredientes de un plato de cocina. Es preciso saber qué plato se quiere cocinar y contar con un cocinero que sea capaz de guisarlo. Estamos hablando en metáfora de las dos áreas, “procesamiento de los contenidos” y “organización”, arriba anotadas.

Denning, en su último trabajo aún inédito, busca titubeante la manera de introducir variaciones en los currículos, que incluyan tanto “conocimiento informativo” como “conocimiento activo”, desarrollo de capacidades personales y valores. Por mi parte, puedo ofrecer un esquema circular, al que he llamado diagrama SV (figura 5), que comprende cinco ejes diametrales, cuyos extremos representan dos opciones en cierta manera contrapuestas dada la escasez de recursos. En el Anexo se transcribe literalmente un documento interno, que redacté para la Comisión del Plan de Estudios de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid, que explica pormenorizadamente la significación y uso



*Figura 5. Diagrama SV de perfil educativo final*

de este diagrama.

El lector que analice atentamente el diagrama SV y otras dimensiones conexas sobre el modelo y método educativo descritas en el mismo Anexo comprenderá que ahí se ha diseñado una herramienta para especificar el perfil del titulado (el producto), una herramienta no sólo congruente sino complementaria con las ideas del concepto sociotécnico de tecnología y de arquitectura piramidal del currículo anteriormente expuestas.

Ahora bien, estas ideas y esta nueva herramienta hay que usarlas y perfeccionarlas. Sólo son un punto de partida, una I común (recuérdese el modelo H x I x O). Con ellas, un colectivo de profesores (un centro educativo) y sus órganos asesores podrían intentar conjugar sus diversas imágenes personales hasta construir una sola común, lo más nítida que fuera posible: la imagen colectiva (IO, objetivo educativo), que hay que convertir en modelo mental y en visión compartida. No digo que sea fácil. En algunos sitios es incluso una batalla perdida de antemano.

## Resumen

La búsqueda de una vía propia en la formación superior en el campo de la tecnología informática le exige a cada Centro educativo desarrollar un ámbito específico de requisitos sociotécnicos conformes a los cambios del mundo, a las necesidades sociales, a su cultura y a sus recursos.

En esta línea, se exponen en el artículo algunas ideas y algunas herramientas cognitivas que pueden ayudar a comprender y definir el problema, tomando, para empezar, las debidas distancias con respecto a determinadas y prestigiosas recomendaciones internacionales.

La arquitectura de informática superior desglosada en tres áreas implica una orientación decididamente orientada a unas áreas aplicativas concretas- que podrían ser tan amplias como se quisiera-, con un refuerzo metodológico, explícito y concordante con la visión sociotécnica concreta definida para el caso.

Llenar de contenidos curriculares esta arquitectura es la misión de cada Centro o de los órganos competentes. Para ello, además de guiarse por los conceptos anteriores, podrán servirse de otra herramienta, como el diagrama SV descrito aquí con suficiente prolijidad, o de otra semejante, con la que se ven constreñidos a definir el perfil del titulado, no solamente en los términos, siempre fáciles, de los contenidos técnicos y científicos, sino en los términos mucho más determinantes de conocimientos, capacidades y valores.

Teóricamente, la aplicación de tales ideas requiere cambios organizativos y de mentalidad, esfuerzos de autoreinvención como, por ejemplo, que la Universidad

se convirtiera de verdad en una organización aprendiente. La naturaleza escéptica del autor le hace ver esta posibilidad como prácticamente inexistente, lo que no obsta para que crea que las ideas desplegadas en el artículo pueden ayudar aquí y allá a introducir ciertas mejoras puntuales.

## Anexo.

Especificación del perfil medio (dinámico) del futuro ingeniero de telecomunicación en el diagrama circular SV al terminar sus estudios, y algunas notas sobre el método educativo

En mi conferencia del Seminario sobre El Ingeniero de Telecomunicación: Horizonte 2000, noviembre 1990, titulada La formación del ingeniero de telecomunicación en el año 2000 (Reinventar la Escuela), proponía tres niveles de actuación: Contenidos curriculares, Procesamiento de los contenidos y Organización de la Escuela.

El segundo nivel describía lo que yo llamaba un hiperespacio, del que allí definí algunos de sus ejes o dimensiones. Normalmente, quien les haya prestado alguna atención habrá visto en ellos poco más que una curiosidad, pero en general habrán pasado desapercibidos. Si vuelvo sobre este asunto es porque, creyendo que contienen la clave aplicativa de cualquier plan de estudios, debo ejercer mi responsabilidad de miembro de la Comisión del Plan de Estudios incitando a mis compañeros a tomar en cuenta estos aspectos. Su aplicación me conduce al perfil de la figura 6, que no es más que mi propuesta personal.

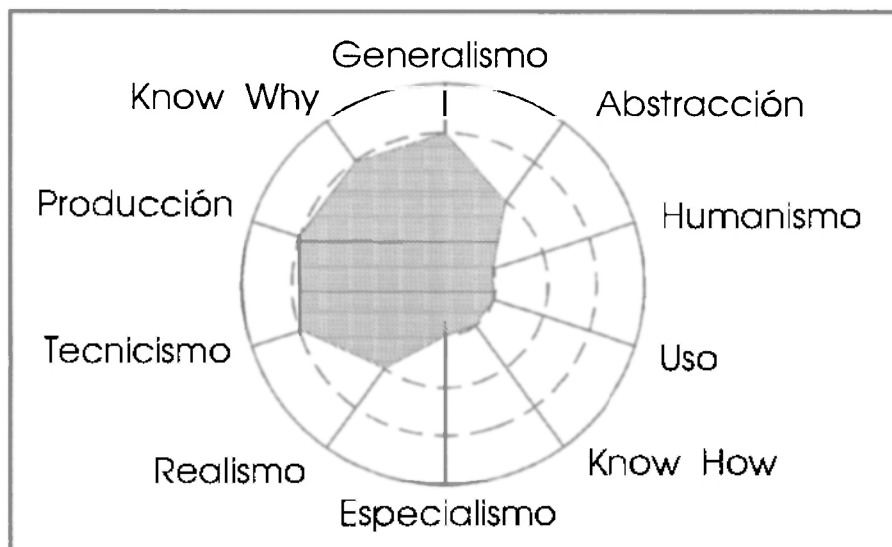
### 1. Significación del diagrama SV

Los contenidos curriculares, a cuya selección pronto llegaremos en los trabajos de la Comisión del Plan de Estudios, son como los ingredientes para un plato de cocina. Es decir, son mucho y no son nada, porque para obtener un plato sabroso hay que añadirles ciertos condimentos (agua, aceite, pimienta, sal, limón, ajo, cebolla, hierbas, etc) y condiciones de contorno, que constituyen la receta, lo que es tanto como un cuidadoso plan de decisiones. Voy a expresar este plan como un diseño de opciones en el hiperespacio antes mencionado. En mi opinión, habría que ponerse de acuerdo sobre ese diseño, entendido como el perfil medio del ingeniero futuro, el guiso que queremos cocinar.

En la conferencia se presentaron las dimensio-

nes como conceptos que muchas veces se utilizan erróneamente en forma disyuntiva. Sea, por ejemplo, el caso del eje contenidos-capacidades. Parece que hay que pronunciarse por un extremo o por el otro, cuando en realidad debe optarse por una combinación de ambos, ya que el caso ideal, consistente en conseguir los dos extremos, es inalcanzable. Si consignásemos todos los ejes como

mas de ingeniería: Matemáticas y Ciencias Básicas (25%), Ciencias de la Ingeniería (25%), Diseño de Ingeniería (12.5%), Humanidades y Ciencias Sociales (12.5%), y Optativas (25%). Lógicamente, son más especializadas las Ciencias de la Ingeniería que las Ciencias Básicas, y aquellas menos que la Ingeniería de Telecomunicación, que puede serlo menos que la Ingeniería Microelectrónica, y



*Figura 6. Propuesta personal del perfil medio del ingeniero de telecomunicación al terminar sus estudios*

diámetros de un círculo, el caso ideal completo sería una circunferencia.

Con esta idea se ha creado el diagrama circular SV, sobre el cual es preciso proyectar una elección de perfil, señalando decisiones sobre los grados relativos en distintas opciones de despliegue de los contenidos curriculares. De hecho, estas decisiones afectan profundamente y en variados aspectos a la elección última de los contenidos curriculares. En resumen, la relación final de contenidos, la forma del perfil sobre el diagrama SV y el método educativo dibujan conjuntamente el tipo de ingeniero que estemos haciendo. Y lo dibujarán simplemente porque expresan un cuadro de decisiones consensuadas por todos.

Nota muy importante: Al elegir perfil, hay que contar con las propiedades dinámicas evolutivas de sus dimensiones. Ha de verse el perfil como un estado medio del estudiante al finalizar sus estudios, que evolucionará posteriormente.

#### **Especialismo/generalismo**

En tanto que concepto bipolar muy complejo está relacionado con todos los demás ejes, pero posee otros matices. Uno de ellos se refiere evidentemente a los contenidos como tales. Por poner un ejemplo, citemos las proporciones que el ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) de EEUU establece para los progra-

así sucesivamente. De manera, que debemos utilizar este eje en un sentido relativo conforme a un nivel de referencia, en nuestro caso la Ingeniería de Telecomunicación, entendiendo que dentro de un área el grado del enfoque propuesto será más generalista o especializado según la amplitud de validez de las propuestas. El generalismo no está reñido con la profundidad, todo lo contrario, si además se ocupa de revelar las condiciones de contorno, el sentido y la significación y las conexiones de las técnicas estudiadas.

Es más fácil la evolución del polo generalismo al polo especialismo.

#### **Tecnicismo/humanismo**

El impacto de la tecnología de la información ha llegado a ser de tal calibre que los aspectos sociales, económicos y ecológicos han de formar ineludiblemente parte de la formación del técnico. Habría que puntualizar que una manera muy conveniente de introducir las vertientes humanísticas consistiría en integrarlas, siempre que sea posible, en el estudio de las propias materias curriculares técnicas, y no sólo en dos o tres asignaturas separadas. Hoy, lo más corriente es que el ingeniero desconozca casi todo en este terreno o en el mejor de los casos tenga una impresión disociada, como de "maría". Es importante subrayar que la vertiente humanista incluye los problemas y técnicas empre-

sariales, en los que hoy se imbrica profundamente la tecnología. En último extremo, la que llamamos vertiente humanista implica tener presente de una manera o de otra al usuario final de la tecnología.

Es más fácil la transformación del tecnicismo al humanismo.

### **Know-how/know-why.**

El know-how consiste en el saber cómo se hacen las cosas, por ejemplo qué cálculos se aplican a la resolución de un determinado problema. El know-why, como su mismo nombre indica, consiste en saber por qué y bajo qué condiciones se aplican esos cálculos, el marco de validez de los resultados esperables, y otras opciones posibles.

Es más fácil pasar del know-why al know-how.

### **Abstracción/realismo.**

Un estudio muy profundo ha puesto de manifiesto cómo "al hacerse más complejas las tareas de la ingeniería y más sofisticadas las herramientas para afrontarlas, el trabajo del ingeniero eléctrico y electrónico se ha hecho más analítico y abstracto". Los métodos numéricos, la simulación informática, las herramientas CAD/CAM, los modelos matemáticos, la teoría de sistemas y los lenguajes formales se han ido imponiendo y lo seguirán haciendo. Más recientemente, otro acreditado informe incluye a la abstracción como metodología de trabajo con los siguientes componentes: recogida de datos y formación de hipótesis, modelación y predicción, diseño de experimentos y análisis de resultados. Fenómeno tal distingue a un ingeniero superior de otro que no lo es.

Como contrapartida preocupante, también lo encierra en un mundo simbólico y lo separa de la realidad. De manera que una formación mínimamente equilibrada tiene que restañar este defecto. De ahí la emergencia de este eje en nuestra propuesta, para enfatizar la existencia de un polo que tiende a olvidarse, el realismo, representado por las prácticas de empresa, el laboratorio de prácticas, la resolución de problemas en grupo, los supuestos de trabajos concretos y comprobables en la vida cotidiana, etc.

Teóricamente, parece algo más fácil evolucionar de lo abstracto a lo real, pero dada la rápida evolución de las técnicas y la tendencia laboral a la especialización psicológicamente son dos mundos que tienden a diverger.

### **Producción/uso.**

Con la tecnología puede estarse básicamente en dos lados. En el lado donde se crea (produce) o

en el lado donde se usa. Uno puede, por ejemplo, diseñar un ordenador o diseñar una aplicación o sistema, con un ordenador incorporado, para resolver un determinado problema. El primer supuesto necesita utilizar conocimientos sobre el ordenador orientados a la producción de tecnología y el segundo, conocimientos y capacidades dirigidos al uso (aplicación) de esa tecnología. Cabe señalar que con frecuencia resulta difícil trazar la línea divisoria entre estos dos dominios. Simplificando, se diría que uno está del lado de la producción cuando está o colabora con la industria que coloca tecnología en el mercado

Es más fácil la evolución del lado de la producción hacia el polo del uso.

## **2. Una propuesta personal**

Con estos mimbres, el firmante diseñó el perfil del ingeniero de telecomunicación. Es un perfil lógico y adaptativo, es decir, preparado para crecer fácilmente en las dimensiones inicialmente menos potenciadas, pero también en cualesquiera otras en función de las circunstancias y de las inclinaciones naturales. Una de las misiones del profesorado será imprimir en el alumno una mentalización adecuada para que éste busque su crecimiento en aquellas dimensiones, como el humanismo por ejemplo, que por razones de tiempo no se hayan podido desarrollar en la medida conveniente.

Experimentos con este mismo diagrama demuestran que cada uno tiene una imagen distinta del ingeniero que su mente proyecta, razón de más para intentar ponerse mínimamente de acuerdo. Una aclaración: el perfil incumbe solamente al impacto general del enfoque de los estudios y en particular a las asignaturas troncales y obligatorias, por lo que puede haber algunos ajustes finales en el diagrama, sobre todo a causa de las materias de especialización y de las optatividades libres.

*El perfil medio del ingeniero de telecomunicación de Madrid corresponde a un ingeniero más generalista que especialista; más orientado a la producción de tecnología que al uso, acentuando su formación sobre el know-why, pensada como garantía de adaptación y de evolución futura; más técnico que humanista, pero con dosis importantes de conocimiento y sensibilidad sobre enfoques sociales; y equilibrado entre el realismo y la abstracción.*

Para facilitar su manejo y las comparaciones entre distintos puntos de vista, he optado por dividirlo en cuatro tramos, que representan "muy cualitativamente" porcentajes del 25, 50, 75 y 100

con respecto a cualquiera de los dos polos de una de estas dimensiones, de forma que la elección en el segmento dimensional sume 100 por convenio (así el 100 representaría la máxima capacidad docente de la Escuela en cada dimensión, pero esta constrictión no se mantiene después de terminar la carrera, puesto que estamos aceptando la idea de crecimiento y evolución personal). Por ejemplo, 25% de tecnicismo y 75% de humanismo. Partiendo de este método, el lector deducirá que yo hubiera dado un peso mayor a las dimensiones que en mi propuesta quedan más desfavorecidas. Si fuera necesario, podría afinarse el diagrama aumentando el número de tramos.

### 3. Objetivos y método educativo

Hay otro par de dimensiones, muy interrelacionadas entre sí, que tienen que ver, la primera, "conocimientos-capacidades", con los objetivos del plan de estudios, y la segunda, "información-expresión", con el método educativo. Véamos en primer lugar esta última y luego las dos juntas.

#### Información/expresión.

Dimensión olvidada en la práctica docente universitaria actual, desvela que el método educativo clásico seguido con los estudiantes es básicamente pasivo. El estudiante recibe continuamente información, pero pocas veces se ve conducido a la situación de sintetizarla, crear alguna nueva y expresarla bajo diferentes formas: proyectos, informes, seminarios, artículos, argumentaciones, etc. Un apartado importante de este polo expresivo tiene que ver con el desarrollo de capacidades de expresión, a las que en el mundo anglosajón se les llama "communications skills". Hace muy pocos años, una encuesta del Institute of Electrical and Electronics Engineers (I.E.E.E.) demostró que los ingenieros en ejercicio colocaban estas capacidades como su principal y más sentida carencia.

Pero también tiene relación con las experiencias. Como ha dicho el astronauta Schweickart, "cambiamos más a través de la experiencia que a través del conocimiento", "tenemos que desarrollar nuestra capacidad para compartir experiencias, no sólo información o conocimiento".

En el planteamiento y control de estas dos dimensiones se juega la Escuela parte importante del éxito de su plan de estudios. A continuación daré mi versión del juego.

Si nos referimos a la información como la cantidad de información transmitida a los estudiantes

en las horas lectivas, encontraremos que existe una jerarquía formada por información-conocimientos-capacidades

La información se convierte en conocimiento (el conocimiento es información bien estructurada e interiorizada) sólo después de un esfuerzo personal del estudiante, en el cual intervienen de manera importante las actividades de expresión que hemos citado hace un momento. Por repetición y por las experiencias de aplicación del conocimiento en supuestos y situaciones variadas, es decir pasando a la acción, este conocimiento se convierte en capacidades (nota: estamos hablando sobre todo de capacidades intelectuales y basadas en conocimiento).

Todo este movimiento describe un método activo que es el que -sólo en parte pero con gran éxito- seguimos hoy día en la Escuela con los estudiantes que se integran a colaborar con los departamentos. El desafío consiste en generalizarlo. Implica una decisión sobre si se marcan como objetivos educativos los meros conocimientos, o vamos a ir hasta las capacidades, que es un escalón más.

A primera vista parecería como si con este enfoque la cantidad de información lectiva (los contenidos) debiera ser menor, y esto puede ser verdad referido a las informaciones que se cursarían en clase, que, además, deberían seleccionarse y estructurarse entre las más básicas e importantes. (Hay que reorganizar drásticamente la información). Pero eso no implica necesariamente una reducción de los programas, puesto que una de las capacidades que han de desarrollarse en el alumno es la de seguir asimilando autónomamente nuevas informaciones y construyendo conocimiento por sí mismo.

Otras son las capacidades expresivas, la de resolver problemas, la de sintetizar, la de diseñar, etc. Los polos de las dimensiones del diagrama circular son en cierta manera agregados de capacidades.

En definitiva, el trabajo de los profesores consistiría en convertirse en una red de ayuda a los estudiantes con la misión de diseñar y gestionar la mencionada jerarquía en el ámbito de sus materias propias, definiendo la información necesaria y los procedimientos activos para alcanzar los conocimientos y capacidades seleccionados, en el marco de una decisión colectiva sobre el perfil general del ingeniero. Todo dentro, naturalmente, de las posibilidades y recursos disponibles. Es verdad que proceder hoy así sería imposible debido al elevado número de alumnos, pero también es verdad que si las circunstancias fueran más favorables tampoco sabríamos.



## Referencias bibliográficas

- ACM/IEEE-CS Joint Task Force. *Computing Curricula 1991*, ACM Press and IEEE Computer Society Press, 1991.
- Beer, S. *Diagnosing the System for Organizations*, J Wiley & Sons, Chichester, 1985.
- Bullen, Ch., J. Bennet. Groupware in Practice: An Interpretation of Work Experiences, in Ch. Dunlop & R. Kling, eds. *Computerization and Controversy*, Academic Press, Boston, 1991, pp. 257-287.
- Calleja, T. *La Universidad como Empresa: Una Revolución pendiente*, Rialp, Madrid, 1990.
- Denning, P. et al. Computing as a Discipline, *Communications of the A.C.M.*, 32 (1), 9-23, ene. 1989.
- Denning, P. Computing, Applications, and Computational Science, *Communications of the A.C.M.*, 34 (10), 129-131, oct. 1991.
- Denning, P. Educating a New Engineer, draft 4, *La disciplina de computación*, XV Taller de Ingeniería de Sistemas, Santiago (Chile), 3 jun. 1992.
- Drucker, P. *The New Realities*, Harper & Row, N.Y., 1989.
- Frailey, D. (Report by). *Managing Complexity and Modeling Reality*, A.C.M. Press, 1991.
- Hartmanis, J. Computing the Future, *Communications of the A.C.M.*, 35 (11), 30-40, nov. 1992.
- Kling, R. Organizational Informatics within the Future of Computer Science (version ampliada, enviada por correo electrónico el 22-12-1992, del artículo que con el título de Computing for our Future in a Social World aparecerá en *Communications of the A.C.M.*, 36 (2), febr. 1993).
- Maturana, H. *Emociones y lenguaje en educación y política*, 4a ed., Hachette/CED, Santiago (Chile), 1991.
- Rappaport, A., Halevi, H. La empresa de informática sin ordenadores, *Deusto Business Review*, abril 1992, pp. 22-40 (en inglés, The Computerless Computer Company, Harvard Business Review).
- Sáez Vacas, F. Facing Informatics via three Level Complexity Views, in *Proceedings of 10th. International Congress on Cybernetics*, Symposium XII: Man in a High Technology Environment (G.E. Lasker, ed.), pp. 30-40. International Association of Cybernetics, Namur (Bélgica), 22-27 ago. 1983.
- Sáez Vacas, F. Some Framework Ideas for Software Engineering Education, in *Proceedings of International Computer*, Symposium 1984, Vol. I, pp. 150-156, Taipei (Taiwan), 12-14 dic. 1984.
- Sáez Vacas, F. Cinco subculturas informáticas, *TELOS*, 1, 1985.
- Sáez Vacas, F. *Computadores personales: Hacia un mundo de máquinas informáticas*, Ed. Fundesco, Madrid, 1987.
- Sáez Vacas, F. *Ofimática compleja*, Ed. Fundesco, Madrid, 1990.
- Sáez Vacas, F. Architectural Guidelines for the Curricula: 3 Layers, 3 New Dimensions, 2 Basic Orientations, Different Levels in the Topics, short paper en *International Workshop IFIP WG 3.2 on Informatics Curricula for the 1990s*, Providence (R.I.), abril 1990.
- Sáez Vacas, F. La formación del ingeniero de telecomunicación en el horizonte del año 2000: Reinventar la Escuela, Conferencia inaugural en el Seminario "El Ingeniero de Telecomunicación: Horizonte 2000", San Lorenzo de El Escorial (Madrid), 27-28 nov. 1990. *El ingeniero de telecomunicación: horizonte 2000*, Fundación Universidad-Empresa, Madrid, pp. 19-28, 1991.
- Sáez Vacas, F., J.C. González, ponencia de base, en *Actas de las Jornadas sobre Formación en Informática Superior para los Noventa*, Madrid, 29-30 mayo 1991.
- Sáez Vacas, F., J.C. González, Propuesta de un marco para el debate sobre la educación superior en informática en un plano de estrategia social, *Actas Primer Congreso Iberoamericano de Educación Superior en Computación*, Santiago (Chile), oct. 1991, pp. 179-188.
- Sáez Vacas, F. Especificación del perfil medio (dinámico) del futuro ingeniero de telecomunicación en el diagrama circular SV al terminar sus estudios y algunas notas sobre el método educativo, Nota a la *Comisión del Plan de Estudios de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid*, dic. 1991.
- Sáez Vacas, F. Síndrome T.T., *PC WEEK*, 153, 26 oct. 1992.
- Sáez Vacas, F., G. León, J.C. González, Assessing the Usefulness of the ACM/IEEE-CS Computing Curricula for the Design of Computer-Related Engineering Curricula: an Experience in Telematics, Conferencia "Frontiers in the 90's", Nashville, Tenn. nov. 1992.
- Sáez Vacas, F. Reflexiones sobre la necesidad y el modo de reajustar el modelo educativo vigente en informática superior, *Revista de Informática y Automática*, 25 (3-4), 51-64, nov. 1992.
- Sáez Vacas, F. Superinformática, *PC WEEK*, 160, 14 dic. 1992.
- Sáez Vacas, F. *Complejidad y Tecnología de la Información*, Ed. Instituto Tecnológico Bull, 1992.
- Senge, P. *The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*, Century Business, London, 1992.
- Toffler, A. *El cambio del poder*, Plaza & Janés Ed., Barcelona, 1990.
- Toulmin, S. *Cosmopolis: the Hidden Agenda of Modernity*, The Free Press, N.Y., 1990.
- Varela, F. *Connaitre les sciences cognitives: Tendances et perspectives*, Seuil, Paris, 1989. Versión española: Conocer. Las ciencias cognitivas: tendencias y perspectivas. Cartografía de las ideas actuales, Gedisa, Barcelona, 1990.
- Winograd, T., F. Flores. *Understanding Computers and Cognition: a New Foundation for Design*, Addison-Wesley, Reading, Ma., 3a. inpr., 1988 (existe traducción al español en Ed. Hispano-Europea, Barcelona, 1989).